

RELAÇÃO SOLO-ÁGUA EM FUNÇÃO DA BRACHIARIA NAS ENTRELINHAS DO CAFÉ NO CERRADO*¹

Omar Cruz Rocha²; Antonio Fernando Guerra³; Maria Lucrécia Gerosa Ramos⁴; Adriano Delly Veiga²; Gabriel Ferreira Bartholo³; Gustavo Costa Rodrigues⁵; Renato Fernando Amabile²; Thiago Paulo da Silva⁶

(*) Parte do trabalho publicado na R. Coffee Science, Lavras, v. 9, n. 4, p. 516 - 526, out./dez. 2014

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

² Pesquisador, Dr., Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, omar.rocha@embrapa.br; adriano.veiga@embrapa.br; renato.amabile@embrapa.br

³ Pesquisador, Dr., Embrapa Café, Brasília-DF, antonio.guera@embrapa.br; gabriel.bartholo@embrapa.br

⁴ Prof(a). Dr(a), Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UnB, lucrecia@unb.br

⁵ Pesquisador, MS, Embrapa Informática, Campinas-SP, gustavo.rodrigues@embrapa.br

⁶ Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, Embrapa Cerrados, Planaltina-DF, thiagopaulodasilva@hotmail.com

RESUMO: Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o efeito da irrigação e da braquiária em cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros, sobre a qualidade físico-hídrica de um Latossolo Vermelho, do Planalto Central Brasileiro. O ensaio foi delineado em cinco blocos ao acaso, em esquema fatorial 2 x 2 sendo dois regimes hídricos, irrigado e sequeiro, e dois sistemas de manejo das entrelinhas, com e sem braquiária. A estratégia de pesquisa fundamentou-se na investigação do armazenamento de água do solo com base na distribuição da porosidade, em função do comportamento dos atributos físico-hídricos nos diferentes tratamentos. Foram coletadas amostras de solo em duplicada em cada parcela experimental, nas profundidades de 0,0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20 m. O regime de irrigação aumentou a densidade do solo nos centímetros iniciais do solo, sem prejudicar sua capacidade de armazenamento de água. Em relação à braquiária houve efeito positivo de suas raízes sobre os atributos físico-hídricos do solo, provendo o incremento da microporosidade de baixa retenção, correspondente a água prontamente disponível, que foi acrescida em 18% ao longo do perfil.

PALAVRAS-CHAVE: Armazenamento de água no solo, plantas de cobertura, manejo do solo.

PHYSICAL-HYDRIC QUALITY OF OXISOL UNDER IRRIGATION AND BRACHIARIA IN FARMING OF COFFEE IN THE CERRADO REGION

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of irrigation and cultivation of brachiaria among coffee trees lines on physical-hydric Oxisol quality at Brazilian central plateau. The experiment was carried out in five randomized blocks in a factorial design 2 x 2, with two water treatments, irrigated and rainfed systems, and two management systems, with and without brachiaria between coffee trees lines. The research strategy was based on studying soil water storage based on porosity distribution due to the behavior of physical parameters in different water and management treatments. Soil samples were collected in duplicate in each plot at depths from 0.0 to 0.05, 0.05 to 0.10, 0.10 and 0.20 m. The irrigation regime increased soil bulk density in the surface layer without reducing its readily available water that, due to presence of brachiaria was increased by 18%. In general, irrigated brachiaria had a positive effect on the physical-hydric soil characteristics of the soil and promoted an increase in readily available soil microporosity from the redistribution of pore diameter characterized by increasing retention curve amplitude in the soil water tension range corresponding to the readily-available water.

KEYWORDS: Soil water storage, cover crops, soil management.

INTRODUÇÃO

A expansão da cafeicultura em áreas marginais onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, como na região do cerrado, tornou a irrigação uma prática indispensável para viabilizar a atividade, devido aos aumentos de produtividade da cultura (BONOMO et al., 2008; COELHO; SILVA, 2005; COSTA et al., 2013; FARIA; SIQUEIRA, 2005; LIMA; CUSTÓDIO; GOMES, 2008) e da qualidade do café produzido (MARTINS et al., 2007). Por outro lado, essa expansão se deu, predominantemente, sobre a classe dos Latossolos (EBERHARDT et al., 2008), que ocupa cerca de 50% da área de cerrado do Brasil. Esses solos caracterizam-se por seu elevado grau de intemperismo, baixa fertilidade natural, contrastando com a elevada estabilidade dos agregados, baixa densidade do solo, alto volume de macroporos e alta friabilidade, características que favorecem sobremaneira o seu manejo (OLIVEIRA et al., 2004), mas que, no entanto, desfavorecem a sua capacidade em reter água.

Em sistemas conservacionistas, o uso de plantas de cobertura é uma importante prática, pois protege a superfície dos solos contra os agentes erosivos, adiciona C e N; recicla nutrientes e melhora a estabilidade da estrutura. Além disso,

promove a formação e manutenção de agregados, pelas raízes (RESCK et al., 2008), propriedades indispensáveis para manutenção e melhoria na qualidade físico-hídrica do solo (QFHS).

O uso de leguminosas poderia ser adequado ao sistema produtivo de café não fossem as limitações operacionais relacionadas ao estabelecimento e a condução dessas espécies nas entrelinhas. Para Guedes et al. (1996), no entanto, gramíneas, particularmente a braquiária, podem melhorar a QFHS a partir da ação direta de suas raízes na estruturação do solo. Nos sistemas de manejo que utilizam gramíneas perenes como plantas de cobertura, essas apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, devido à presença de um sistema radicular fasciculado, mais denso e com maior contato com as partículas do solo (PALADINI; MIELNICZUK, 1991).

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar o efeito da irrigação e da braquiária em cobertura nas entrelinhas dos cafeeiros sobre a qualidade físico-hídrica de um Latossolo Vermelho do Planalto Central Brasileiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no campo experimental da Embrapa Cerrados, localizada na cidade de Planaltina, Distrito Federal, Brasil (15°35'30"S, 47°42'30"W e 1007 m). A Região encontra-se inserida no bioma cerrado e apresenta, segundo a classificação Köppen, clima do tipo CWh1 com precipitação média anual de 1.460 mm e temperatura média de 21,3 °C. A área experimental está sob um Latossolo Vermelho Distrófico de textura argilosa.

De janeiro de 2000 a dezembro de 2007 a área foi conduzida com *Urochloa decumbens* (Stapf) R. D. Webster (sinônimo *Brachiaria decumbens*) sem pastejo. Os cafeeiros (*Coffea arabica* L.), cultivar Catuaí vermelho IAC 144, foram plantados em dezembro de 2007 no espaçamento de 3,50 por 0,70m, em dois regimes hídricos (RH): Irrigado (I), com aplicação de estresse hídrico para uniformização da florada (GUERRA et al., 2007) e sequeiro (S). Foram também adotados dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM) dos cafeeiros: Com braquiária (B) e tradicional, com ruas descobertas (T). O ensaio foi delineado em blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 2, sendo dois regimes hídricos (RH) e dois sistemas de manejo das entrelinhas (SM), em cinco repetições. O manejo nutricional dos cafeeiros foi realizado conforme Guerra et al. (2008) e o manejo da braquiária resumiu-se a roçagens ocorridas quando a planta atingia uma altura média de 0,60 m, permanecendo os restos culturais na área. No tratamento tradicional o solo foi mantido livre de plantas invasoras com auxílio de capinas manuais, permanecendo também os restos culturais nas respectivas parcelas.

No regime hídrico irrigado os cafeeiros foram plantados sob um sistema mecanizado de aspersão do tipo pivô central. O critério de manejo de irrigação fundamentou-se no monitoramento do conteúdo de água do solo, sendo que o momento de irrigação ocorria sempre que a umidade na profundidade de 0,10 m correspondia ao consumo de 50 % da água disponível (ROCHA et al., 2008). O monitoramento do conteúdo de água foi realizado com auxílio de sondas de umidade ML1 (Delta-T® Devices). No regime hídrico de sequeiro somente no primeiro ano após o plantio os cafeeiros receberam irrigação suplementar visando garantir o estabelecimento da cultura.

As amostragens de solo foram realizadas em 2011 e 2012 no mês de março, no período de granação dos frutos. Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas em duplicada em cada parcela experimental, na projeção da copa e equidistantes ao longo da parcela nas profundidades de 0 a 0,05; 0,05 a 0,10; 0,10 a 0,20 m. As amostras indeformadas foram coletadas em anéis de 50 mm de diâmetro e 51 mm de altura para determinação da densidade do solo (Ds) e da retenção de água determinada pelo método da centrífuga (FREITAS JR; SILVA, 1984). Foram utilizadas as tensões de água correspondentes a 1, 3, 6, 10, 33, 60, 100 e 1.500 kPa. Com as amostras deformadas, avaliou-se a distribuição granulométrica do solo pelo método da pipeta (EMBRAPA, 1997). Os pontos experimentais das curvas de retenção foram ajustados a partir da equação de Van Genuchten (1980), empregando a restrição proposta por Mualem (1974). Para a obtenção das curvas características de água do solo, os valores da umidade volumétrica foram ajustados de acordo com a tensão da água no solo. A avaliação da disponibilidade de água do solo foi obtida pela determinação da água disponível total (ADT) e da água prontamente disponível (APD), a partir das seguintes expressões: $ADT = \theta_6 - \theta_{1.500}$ e $APD = \theta_6 - \theta_{100}$, onde θ_6 , θ_{100} e $\theta_{1.500}$ correspondem às umidades volumétricas equivalentes às tensões matriciais de 6, 100 e 1.500 kPa. Para quantificar os poros por tamanho, baseou-se na expressão matemática proposta por Bouma (1991).

Visando o entendimento da dinâmica das variações do volume do espaço poroso do solo em função do RH e do SM, determinou-se a porosidade total (PT), considerando-a igual a θ_s , e os volumes de microporos (MIC) para as diferentes camadas. Paralelamente, para determinar a distribuição relativa dos poros estratificou-se a porosidade em percentagens de macroporos (Mac) e de criptoporos (Crip). Nessa classificação, considerou-se: Mac, aqueles com diâmetro maior que 48 μm (que perdem a água em tensões menores que 6 kPa) e Crip, poros com diâmetro menor que 0,2 μm (que perdem a água apenas para tensões maiores que 1.500 kPa). Visando um entendimento mais abrangente do impacto das raízes da braquiária no diâmetro e distribuição dos microporos, essa classe foi dividida em dois grupos: percentagem de microporos associados à água prontamente disponíveis, aqui denominados microporos de baixa retenção (Mib), e porcentagem de microporos remanescentes (Mir). Nessa subclassificação, foram considerados: Mib, aqueles com diâmetro entre 3 e 48 μm (que são esvaziados a tensões entre 6 e 100 kPa), correspondentes à APD, e Mir, aqueles com diâmetro entre 0,2 e 3 μm (que são esvaziados a tensões entre 100 e 1.500 kPa). A análise estatística envolveu inicialmente uma abordagem descritiva, visando entender a distribuição dos dados, os quais foram submetidos ao teste

de normalidade de Shapiro-Wilk, que comprovou a normalidade, e em seguida à análise de variância (ANOVA) e ao teste de Tukey ($p < 0,05$), para a comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a camada A, houve diferença significativa do regime hídrico (RH), em relação à densidade do solo (Ds), microporosidade (MIC), porosidade total (PT) ($p < 0,05$); percentagem de macroporos (Mac) e percentagem de criptoporos (Crip) ($p < 0,01$). Na Tabela 1, observa-se que a Ds foi maior nos tratamentos irrigados ($0,99 \text{ Mg m}^{-3}$) do que nos conduzidos em sequeiro ($0,91 \text{ Mg m}^{-3}$), diferindo significativamente entre si e indicando uma pequena redução no espaço poroso em função da irrigação. Observou-se ainda que, nos tratamentos irrigados, houve aumento na MIC ($+0,04 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$) e na Crip ($+4,8\%$) com redução na Mac ($-4,3\%$), delimitando a redução do espaço poroso à classe dos macroporos. Nesta linha de estudo, são poucos os trabalhos científicos na região de Cerrado. No entanto, Jorge et al. (2012), avaliando atributos físicos do solo em função da época de amostragem e tipos de usos do solo, observaram que os valores de Ds foram maiores no período chuvoso e os autores atribuíram esses resultados ao fato de que, nessa época, o solo recebe diversas cargas de pressão junto com operações mecanizadas para a condução da cultura, situação semelhante à ocorrida em lavouras cafeeiras irrigadas. Araújo Junior et al. (2011), avaliando diferentes sistemas de manejo da entrelinha de cafeeiros, sob um Latossolo Vermelho-Amarelo na região de Patrocínio-MG, concluíram que a camada 0 - 0,03 m apresentou maior capacidade de suporte de carga para umidades superiores a $0,20 \text{ kg. kg}^{-1}$. Da mesma forma, Marchão et al. (2007), estudando a qualidade física de um Latossolo, também constataram maiores Ds na camada de 0 - 0,05 m, em área de braquiária associada com soja sob plantio direto, indicando que quanto mais próximo da superfície maior o efeito das pressões proporcionadas pelo manejo. Por outro lado, houve diferença significativa ($p < 0,01$) do sistema de manejo (SM) em relação aos microporos de baixa retenção (Mib), que foram acrescidos em 11% na presença da braquiária, haja vista que variou de 17,7% nos tratamentos conduzidos de forma tradicional até 19,7% naqueles com braquiária, diferindo-os significativamente, mas, sobretudo, indicando a conversão dos macroporos em microporos associados à água prontamente disponível (APD) que, por consequência, também foi influenciada significativamente pela presença da braquiária ($p < 0,05$), haja vista que proporcionou um acréscimo de $0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na APD, passando de $0,11 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, nos tratamentos em sistema tradicional, para $0,13 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ naqueles com braquiária, o que equivale a 1,0 mm de água a mais nos primeiros 0,05 m do solo. Contudo, devido a uma pequena redução na Mir ($-0,2\%$), condicionada pelos fatores RH e SM, a água disponível total (ADT) não foi influenciada significativamente, muito embora também tenha tido um acréscimo de $0,01 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ (Tabelas 1). Nas camadas B e C, o SM proporcionou efeito significativo sobre os atributos do solo, causando variações na Mib ($p < 0,01$) e, conseqüentemente, no armazenamento de água (ADT e APD) ($p < 0,05$). Observa-se, nas Tabelas 1 e 2, que o manejo com braquiária foi responsável pelo aumento de 15% e 17% na Mib nas camadas C e B, respectivamente, os quais promoveram acréscimo de $0,02 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ na APD e, por conseguinte, na ADT. Esse comportamento demonstra que, livre das pressões do manejo ocorridas normalmente na camada superficial, a braquiária tende a funcionar como condicionadora física na estrutura do solo, com reflexos diretos no armazenamento de água, confirmando as afirmações de Guedes et al. (1996) de que as gramíneas, particularmente a braquiária, podem melhorar a qualidade físico-hídrica do solo (QFHS) a partir da ação direta de suas raízes na estruturação do solo.

TABELA 1 - Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,0 - 0,05 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
DS	kg.m^{-3}	0,99a	0,91b	0,95a	0,95a	7,2
MIC		0,43a	0,39b	0,40a	0,42a	6,5
PT	↑	0,59b	0,63a	0,62a	0,61a	5,0
ADT	$\text{m}^3.\text{m}^{-3}$	0,17a	0,16a	0,17a	0,16a	19,2
APD	↓	0,12a	0,12a	0,13a	0,11a	9,6
Mac		32,2b	36,5a	33,4	35,3	5,5
Mib	↑	18,6a	18,7a	19,7a	17,7b	6,3
Mir	%	6,1a	6,5a	6,2a	6,3a	14,8
Crip	↓	43,0a	38,2b	40,6a	40,8a	5,7

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na camada C, de forma análoga à camada A, houve ainda diferença significativa do RH em relação à percentagem de macroporos (Mac) ($p < 0,05$) e percentagem de criptoporos (Crip) ($p < 0,01$) com redução de 15% na Mac e acréscimo de 13% na Crip, demonstrando uma leve compactação padronizada, ao longo do perfil, muito embora na camada intermediária essas variáveis não tenham se modificado de forma significativa (Tabelas 2 e 3).

TABELA 2 - Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,05 - 0,10 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irrigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
DS	kg.m ⁻³	0,96a	0,98a	1,01a	0,92a	10,6
MIC		0,41a	0,41a	0,41a	0,40a	7,0
PT	↑	0,62a	0,62a	0,61a	0,63a	6,3
ADT	m ³ .m ⁻³	0,15a	0,14a	0,16a	0,14a	12,5
APD	↓	0,12a	0,11a	0,13a	0,11a	10,6
Mac		35,8a	36,8a	36,7a	35,9a	16,6
Mib	↑	19,0a	17,7a	19,6a	17,1b	8,5
Mir	%	5,1a	5,7a	5,6a	5,2a	20,7
Crip	↓	40,0a	39,8a	38,0b	41,8a	8,0

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 3 - Efeito do regime hídrico (RH) e do sistema de manejo (SM) nos atributos físico-hídricos na camada superficial do solo (0,10 - 0,20 m).

FV		RH		SM		CV%
		Irrigado	Sequeiro	Braquiária	Tradicional	
DS	kg.m ⁻³	0,95a	0,85a	0,96a	0,84a	26,4
MIC		0,40a	0,39a	0,41a	0,39a	6,9
PT	↑	0,63a	0,62a	0,62a	0,63a	5,6
ADT	m ³ .m ⁻³	0,15a	0,14a	0,16a	0,14b	12,8
APD	↓	0,12a	0,12a	0,13a	0,11b	11,5
Mac		33,0b	37,7a	33,4a	37,3a	11,0
Mib	↑	19,7a	19,3a	21,0a	18,0b	6,3
Mir	%	4,4a	4,9a	4,7a	4,6a	26,6
Crip	↓	42,9a	38,1b	40,9a	40,0a	8,7

* Médias de parâmetro físico-hídrico do solo seguidas da mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Considera-se que o volume de macroporos de 0,25 cm³ cm⁻³ representa boa aeração; entre 0,10 e 0,25 cm³ cm⁻³, uma limitada troca gasosa; e abaixo de 0,10 cm³ cm⁻³, aeração deficiente (STEPNIEWSKI; HORN; MARTYNIUK, 2002) ou solo compactado (PAGLIAI; VIGNOZZI; PELLEGRINI, 2004). Desse modo, o solo em estudo pode ser considerado com boa aeração, uma vez que, na presença da braquiária, o volume médio de macroporos foi de 0,21 cm³cm⁻³. Por consequência de um maior grau de estruturação do solo, proporcionado pelo sistema radicular da braquiária, observou-se, em todas as camadas de solo estudadas, incrementos significativos na microporosidade de baixa retenção (Mib), indicando que a ação agregante atribuída por Guedes et al. (1996) ao sistema radicular da braquiária, é possívelmente o recurso para aumentar o armazenamento de água no solo, o qual foi obtido a partir da produção de microporos com diâmetro entre 3 e 48 µm, ou seja, aqueles correspondentes à APD, uma vez que a microporosidade remanescente (Mir), correspondente à proporção de microporos remanescentes necessário para complementar a água disponível total (ADT), não foi influenciada por nenhum dos fatores. Nesse sentido, a distribuição relativa média das classes de poros é apresentada na Figura 1, onde se comparam os tratamentos com braquiária com

aqueles conduzidos no sistema tradicional de manejo, e se comprova que a braquiária promoveu a redistribuição de poros com ganhos significativos na Mib.

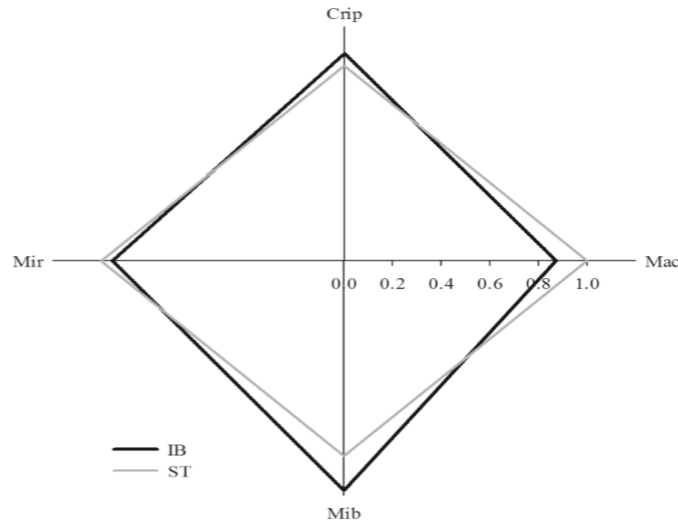


FIGURA 1 - Distribuição relativa das classes de poros do solo entre os tratamentos irrigados com braquiária (IB) e em sequeiro no sistema de manejo tradicional (ST), no perfil de 0-0,20 m.

A soma da microporosidade de baixa retenção (Mib) com a microporosidade remanescente (Mir) corresponde ao espaço poroso responsável pela água disponível total (ADT) do solo. Dessa forma, observou-se que, nos tratamentos em sistema tradicional, a Mib média, considerando-se todas as camadas, representou 77% dos microporos responsáveis pela ADT, e que a mesma relação considerando a presença da braquiária representou 79%, correspondendo a um incremento de 2,6% em função do manejo com braquiária nas entrelinhas. Esse aumento embora sutil corresponde ao deslocamento de 6,5 m³ de água por hectare para uma faixa de tensão de maior facilidade de absorção pelas culturas, levando-se em conta a camada de 0,20 m e considerando a ADT média de 1,63 mm.cm⁻¹ do solo em estudo.

Historicamente, houve consenso entre os pesquisadores de que a matéria orgânica tinha pouco ou nenhum efeito sobre a capacidade de água disponível do solo. No entanto, Hudson (1994) encontrou correlações positivas altamente significativas entre a quantidade de matéria orgânica e a ADT em todos os grupos de solo por ele estudados. Mais recentemente, constatou-se que compostos orgânicos podem melhorar as relações solo-água-planta modificando a densidade do solo, a porosidade total e a relação água no solo (SULTANI et al., 2007), especialmente em baixas sucções, uma vez que a umidade na capacidade de campo do solo aumenta linearmente com o aumento no teor de matéria orgânica do solo (BRAIDA et al., 2010). De forma similar, considerando-se as três camadas de solo em estudo, houve um aumento médio de 18% na APD em função da presença da braquiária nas entrelinhas dos cafeeiros, haja vista que a média de APD variou de 1,1 a 1,3 mm.cm⁻¹ na ausência e na presença da braquiária, respectivamente. Esse resultado equivale à adição, nos primeiros 20 centímetros do perfil do solo, de 40 m³ de água por hectare ou de uma lâmina de 4,0 mm.

CONCLUSÕES

O regime hídrico irrigado alterou levemente a densidade do solo na camada superficial do solo. Por outro lado, o sistema de manejo das entrelinhas do cafeeiro com a braquiária como planta de cobertura promoveu, na camada de 0,0 a 0,20 m, alterações nos atributos físico-hídricos do solo, resultando no aumento de 18% na água prontamente disponível do solo. Esse aumento pode ser atribuído à conversão de macroporos em microporos de baixa retenção (Mib) devido à ação agregante do sistema radicular da braquiária que, quando associada à irrigação, proporcionou aumento na amplitude da curva de retenção na faixa de tensão água correspondente à água prontamente disponível (APD). Nesse contexto, a Mib demonstrou potencial para ser usada como indicador da qualidade físico-hídrica do solo, uma vez que se mostrou eficientemente sensível às variações na capacidade de armazenamento de água do solo em função do manejo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO JUNIOR, C. F. et al. Capacidade de suporte de carga e umidade crítica de um Latossolo induzida por diferentes manejos. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 115-131, 2011.

- BONOMO, R. et al. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, p. 233-240, 2008.
- BOUMA, J. Influence of soil macroporosity on environmental quality. **Advances in Agronomy**, San Diego, v. 46, p. 1-37, 1991.
- BRAIDA, J. A. et al. Teor de carbono orgânico e a susceptibilidade à compactação de um Nitossolo e um Argissolo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 1311-139, 2010.
- COELHO, G.; SILVA, A. M. O efeito da época de irrigação e de parcelamentos de adubação sobre a produtividade do cafeeiro em três safras consecutivas. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, p. 400-408, 2005.
- COSTA, A. R. da et al. Microbiological properties and oxidizable organic carbon fractions of an oxisol under coffee with split phosphorus applications and irrigation regimes. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, p. 55-65, 2013.
- EBERHARDT, D. N. et al. Influência da granulometria e da mineralogia a retenção de fósforo em latossolos sob pastagem no Cerrado. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 1009-1016, 2008.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.
- FARIA, R. T.; SIQUEIRA, R. Produtividade do cafeeiro e cultivos intercalares sob diferentes regimes hídricos. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 4, p. 583-590, 2005.
- FREITAS JÚNIOR, E.; SILVA, E. M. Uso da centrífuga para a determinação da curva de retenção de água no solo, em uma única operação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 1423-1428, 1984.
- GENUCHTEN, M. T. van. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 44, p. 892-898, 1980.
- GUEDES, H. M. et al. Caracterização da distribuição do tamanho de agregados de diferentes sistemas de manejo e seu conteúdo de carbono em Latossolo vermelhoescuro na região dos Cerrados, Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8.; INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1996. p. 329-333.
- GUERRA, A. F. et al. Resposta do cafeeiro arábica a aplicação de fósforo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA, 10., 2008, Araguari. **Resumos Expandidos...** Araguari: EMBRAPA Café, 2008. p. 62-66.
- GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Irrigação & Tecnologia Moderna - Item**, Brasília, n. 73, p. 52-61, 2007.
- HUDSON, B. D. Soil organic matter and available water capacity. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 49, n. 2, p. 189-194, 1994.
- JORGE, R. F. et al. Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, p. 1591-169, 2012.
- LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P. de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 2560-2568, nov./dez. 2008.
- MARCHÃO, R. L. et al. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 6, p. 873-882, jun. 2007.
- MARTINS, C. C. et al. Manejo da irrigação por gotejamento no cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 61-69, 2007.
- MUALEM, Y. **A catalogue of the hydraulic properties of unsaturated soils, technical report**. Haifa: Israel Institute of Technology, 1974.
- OLIVEIRA, G. C. et al. Caracterização química e físico-hídrica de um Latossolo Vermelho após vinte anos de manejo e cultivo do solo. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 327-336, 2004.
- PAGLIAI, M.; VIGNOZZI, N.; PELLEGRINI, S. Soil structure and the effect of management practices. **Soil Tillage Research**, Amsterdam, v. 79, p. 131-143, 2004.
- PALADINI, F. L. S.; MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho dos agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira da Ciência do Solo**, Viçosa, v. 15, p. 135-140, 1991.
- RESCK, D. V. S. et al. Manejo do solo sob um enfoque sistêmico. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS NETO, A. L. (Org.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais**. Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2008. p. 417-473.
- ROCHA, O. C. et al. Water deficit in arabica coffee trees as affected by irrigation regimes in the cerrado region. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COFFEE SCIENCE, 22., 2008, Campinas. **Proceedings...** Paris: ASIC, 2008. p. 1157-1160.
- STEPNIEWSKI, W.; HORN, R.; MARTYNIUK, S. Managing soil biophysical properties for environmental protection. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, San Francisco, v. 88, n. 2, p. 175-181, 2002.
- SULTANI, M. I. et al. Evaluation of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. **International Journal of Environmental Sciences Technology**, New York, v. 4, n. 1, p. 109-118, 2007.